

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА СЕТЕЙ ДОСТУПА

Галина Гайворонская, Мария Хильчук

Аннотация: Проанализирован процесс синтеза сетей доступа и возможность использования методов теории принятия решений для решения отдельных задач этого процесса. Выбраны и обоснованы методы теории принятия решений, наиболее целесообразные для повышения эффективности процесса синтеза сетей доступа.

Ключевые слова: синтез сетей доступа, методы теории принятия решений, топологическая структура сети, технологии передачи информации

ACM Classification Keywords: H. Information Systems – H.1 Models and Principles, E. Data – E.0 General.

Введение

Создание сетей доступа (СД) в настоящее время является одной из важнейших задач сферы инфокоммуникаций. Стандартизацией и разработкой рекомендаций в области синтеза СД занимаются ведущие мировые организации, наиболее известными из которых являются: Международный союз электросвязи (МСЭ) [ITU G.902], институт инженеров по электронике и электротехнике [IEEE 802], Европейский и Американский институты по стандартизации в области телекоммуникаций и другие. Каждой из этих организаций уже разработан ряд рекомендаций, связанных с созданием СД, но несмотря на это осталось еще много нерешенных вопросов. Концепция, определяющая суть СД, сформирована в рекомендации МСЭ G.902, согласно этой концепции предполагается создание единой сети, обеспечивающей доступ ко всем базовым сетям с целью предоставления пользователям всего спектра инфокоммуникационных услуг (ИКУ) по одной линии доступа (ЛД) с гарантированным уровнем качества обслуживания [ITU G.902]. Актуальность реализации концепции СД обусловлена тем, что существующие абонентские линии отдельных базовых информационных сетей не справляются с задачей обеспечения гарантированного качества обслуживания пользователей, требования к которому в современных условиях стремительного расширения спектра ИКУ постоянно возрастают. Поскольку методы синтеза СД в полной мере еще не разработаны, в связи с тем, что сама

концепция СД появилась сравнительно недавно и их разработка весьма важна и актуальна. В работе предложен подход, предусматривающий для этой цели применение методов теории принятия решений. Синтез СД предусматривает решение множества задач выбора, к которым в частности относятся выбор: топологической структуры сети, технологий передачи данных, телекоммуникационного оборудования, программного обеспечения и т.д. Решение этих задач предполагает рассмотрение и анализ большого количества альтернатив, что во многом и определяет трудоемкость и слабую формализацию процесса синтеза СД. Теория принятия решений (ТПР) включает способы и процедуры формализации процесса принятия решений, под которым понимается определенный вид человеческой деятельности, ориентированный на установление наилучшего варианта действий [Черноморов, 2002]. Целью данного исследования является повышения эффективности процесса синтеза СД путем применения методов ТПР. Объект исследования – процесс синтеза СД, предмет – методы теории принятия решений.

Анализ процесса синтеза сети доступа

Процесс синтеза СД представлен на Рис. 1 в виде алгоритма [Гайворонская, 2012]. Первый этап является, в некотором виде, подготовительным, здесь определяется перечень ИКУ, которые могут затребовать потенциальные пользователи синтезируемой сети, затем все пользователи сети распределяются по группам с одинаковым перечнем предоставляемых ИКУ. На втором этапе формируются требования к сети, выдвигаемые пользователями для предоставления всего спектра затребованных ими ИКУ. Эти требования зависят от класса ИКУ и регламентируются на основании отечественных и международных нормативных документов. Согласно концепции качества обслуживания (Quality of Service, QoS), класс ИКУ нормирует значения времени задержки, вариации времени задержки, доли потерянных пакетов и пакетов с ошибками, кроме того определен приоритет предоставления ИКУ (например, услуги класса А предоставляются в первую очередь) [ITU E.360.4; ITU E.361]. На третьем этапе выделяются фрагменты территории, на которых расположены пользователи, относящиеся к отдельным секторам. Здесь под сектором понимается территория, на которой расположены пользователи одной группы. При этом сектор может состоять из отдельных фрагментов территории не имеющих общих границ, а фрагменты территорий различных секторов могут накладываться друг на друга. Информационные потоки от отдельных пользователей к различным базовым сетям концентрируют узлы доступа (УД) [Гайворонская, 2008]. Путем технико-экономического анализа вариантов топологии СД принимается решение о целесообразности организации двухуровневой структуры проектируемой сети, предусматривающей подключение пользователей к узлам, предоставляющим обслуживание (УПО), через два последовательно соединенных УД с целью обеспечения минимизации длины локального сегмента ЛД (ЛСЛД).

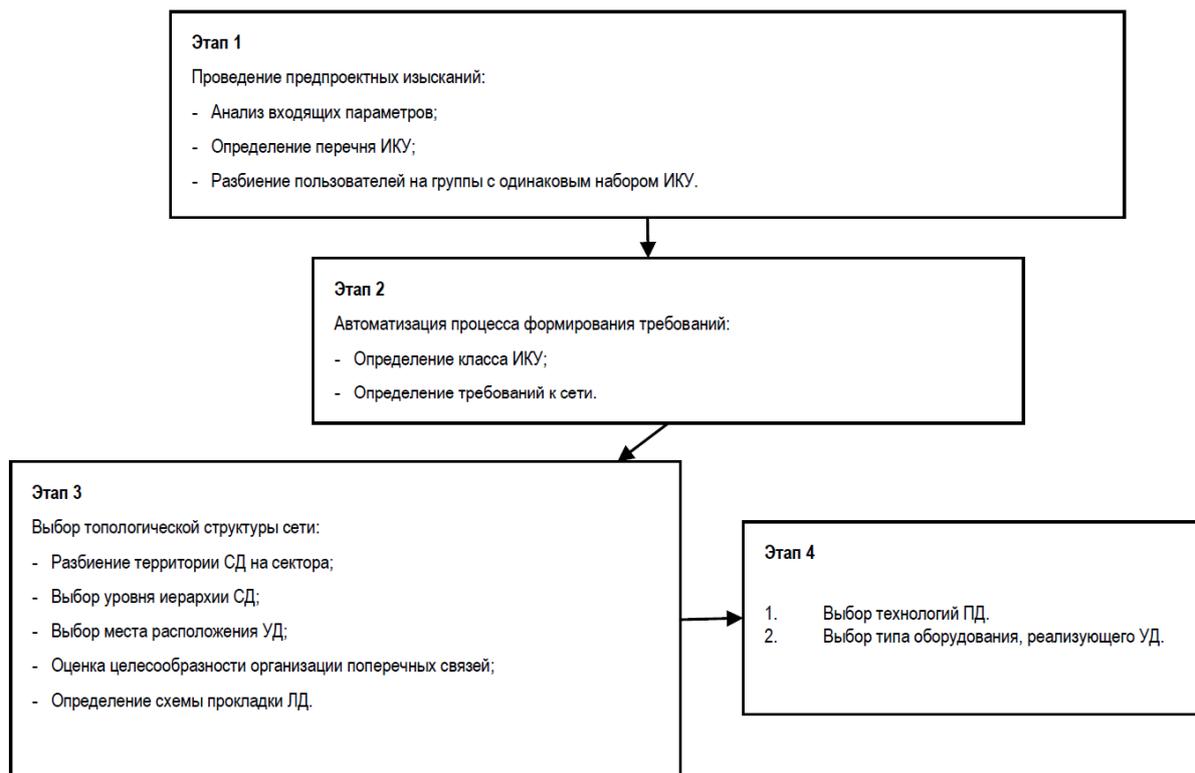


Рисунок 1. Алгоритм проектирования сети доступа

Начиная с четвертого этапа целесообразно применять методы ТПР, так как на нем, на основании технического задания и с учетом прогнозируемых параметров синтезируемой СД, формируется структурная и функциональная схемы сети. Для этого необходимо выполнить выбор технологии передачи информации, оборудования для её реализации и типа УД, концентрирующего информационные потоки от отдельных пользователей к различным базовым сетям [Гайворонская, 2008]. Основная задача на этом этапе: выбрать наилучший вариант структуры СД из всех возможных, а для этого необходимо рассмотреть и проанализировать достаточно большое количество альтернатив. При применении ТПР этот процесс можно сделать менее трудоемким, определив цель, которая в конечном результате должна обеспечиваться, параметры сети (показатели приемлемости) и упорядочив перечень альтернатив.

Путем анализа задач, решение которых необходимо при создании СД, можно сделать вывод, что методы ТПР целесообразно использовать на завершающих этапах синтеза СД. К задачам синтеза СД, для решения которых целесообразно применить методы ТПР, можно отнести:

- Определение топологии сети;
- Выбор технологии транспортировки информации по линиям доступа;
- Выбор типа оборудования, реализующего узлы доступа.

При решении этих задач необходимо учитывать множество параметров как СД, так и пользователя. К параметрам СД (Π_M), в рамках данного исследования относятся:

1. Географическое размещение разных групп пользователей (χ_{Gp}).
2. Длина (L) и пропускная способность (PS_{ld}) ЛД.;
3. Количество (N_{yD}), место размещения (χ_{yD}) и пропускная способность (PS_{yD}) УД.
4. Качество предоставления услуг (Ψ):
 - Коэффициент ошибок (k_o);
 - Время задержки (t_z);
 - Время отклика сети (t_{ot});
 - Информационная скорость (v_i);
5. Тип передаваемой информации (θ_i);
6. Суммарная нагрузка, создаваемая всеми пользователями сети (Y);
7. Расходы на проектирование и эксплуатацию сети (R).

$$\Pi_M(\chi_{Gp}, L, PS_{ld}, N_{yD}, \chi_{yD}, PS_{yD}, \Psi(k_o, t_z, t_{ot}, v_i), \theta_i, Y, R) \quad (1)$$

Параметры пользователя (Π_p) учитывают:

1. Местонахождение (координаты) пользователя (K_p);
2. Удельную нагрузку, создаваемую пользователем (Y_p);
3. Перечень услуг, которые будут предоставляться пользователю (V_y);
4. Пропускную способность ЛСЛД, необходимую для предоставления ИКУ (PS_p).

$$\Pi_p(K_p, Y_p, V_y, PS_p) \quad (2)$$

Согласно этим характеристикам формируется цель, которой должен удовлетворять оптимальный метод решения конкретной задачи синтеза СД.

Анализ методов теории принятия решений

Поскольку существует большое количество методов ТПР, а каждая из задач синтеза СД имеет свои особенности, не все методы могут применяться в рамках любых задач синтеза СД и давать результат, удовлетворяющий цели исследования. Поэтому необходимо провести анализ существующих методов ТПР и определить, какие методы целесообразно использовать в рамках каждой из задач синтеза СД. В связи с этим, следующим этапом проведения исследования является решение задач выбора методов ТПР с помощью лексикографического критерия, позволяющего учитывать в качестве дополнительной информации важность каждого показателя приемлемости, имеющих разное влияние на результат в рамках решения каждой из поставленных задач. Для каждой из задач синтеза СД изначально формируется цель, которой должен удовлетворять результат выбора. Далее все методы анализируются на предмет соответствия поставленной цели, и выбирается наиболее подходящий из них.

Для применения в рамках задач, возникающих в процессе синтеза СД, анализируется 25 методов ТПР [Волошин, 2006].

1. Минимаксный критерий (*MM*).
2. Критерий Байеса-Лапласа (*BL*).
3. Модальный критерий (*Mod*).
4. Критерий Севиджа (*S*).
5. Критерий Гурвица (*G*).
6. Критерий Ходжа-Лемана (*HL*).
7. Критерий Гермейера (*Gr*).
8. Критерий произведений (*D*).
9. Критерий минимизации дисперсии оценки (D_{\min}).
10. Критерий максимизации вероятности (P_{\max}).
11. Метод анализа иерархий (*MAI*).
12. Метод дерева решений (*MDR*).
13. Критерий оптимальности за Слейтером (*C*).
14. Критерий оптимальности за Парето (*P*).
15. Аддитивный критерий (*Ad*).
16. Мультипликативный критерий (*Mr*).
17. Лексикографический критерий (*Lex*).

18. Метод идеальной точки (*MIT*).
19. Метод выбора за количеством доминирующих критериев (*Dk*).
20. Метод последовательных уступок (*PY*).
21. Метод последовательного ввода ограничений (*PO*).
22. Метод желаемой точки (*ZT*).
23. Метод удовлетворенных требований (*YT*).
24. Метод векторной релаксации (*VR*).
25. Метод динамического программирования (*DP*).

Для оценки целесообразности их использования в процессе синтеза СД в качестве показателей приемлемости альтернатив определены следующие характеристики методов ТПП:

- Тип входящих параметров (численный или качественный);
- Тип метода (графический или численный);
- Наложение условий на количество входящих данных (в случаях, когда необходимо анализировать множество альтернатив);
- Возможность реализации решения бесконечное число раз;
- Зависимость результата работы метода от отброшенных альтернатив;
- Учет состояний внешней среды;
- Условия, в которых принимается решение;
- Структурированность задачи;
- Допустимость риска для результата работы (при этом под риском понимается возможная вероятность отклонения значений характеристик предоставления ИКУ от показателей QoS, определенных в нормативной документации, и зависящих от класса ИКУ).

Множество этих характеристик можно выразить выражением:

$$P = \{r; T_{Пех}; T_D; T_V; T_R; S; US; DA; R; E; F; T_M\} \quad (3)$$

Выбор методов ТПР для задачи синтеза топологической структуры сети доступа

На первом этапе анализа методов ТПР определяются характеристики, которым должен удовлетворять выбранный метод ТПР и степень их важности для решения данной задачи. Для решения задачи синтеза топологической структуры сети доступа правило выбора сформировано следующим образом:

- Входящие данные качественного и количественного типа ($T_{Пех} = "Kach / Kol"$);
- Принятие решения может происходить в условиях: определенности ($T_D = "+"$), неопределенности ($T_V = "+"$) и в условиях риска ($T_R = "+"$);
- Задача является плохо структурированной ($S = "-"$, $US = "+"$);
- Необходимо учитывать состояние внешней среды ($E = "+"$);
- В этой задаче риск не допустим либо допустим в незначительной степени ($F = "-"$), ведь для синтеза СД важным показателем является качество предоставления всего спектра ИКУ пользователю, поэтому при проектировании топологической схемы сети необходимо учитывать этот показатель и обеспечить его выполнение;
- Метод может использоваться неоднократно и характеристики альтернатив не должны изменяться ($R = "+"$);
- Вариантов схемы прокладки ЛД достаточно много, но ограничением по количеству входящих параметров ($r = "H / O"$) для метода принятия решения в данной задаче можно пренебречь, поскольку входящие альтернативы можно разбить на несколько групп и таким образом уменьшить количество входящих параметров;
- При применении метода могут учитываться или не учитываться отброшенные альтернативы ($DA = "+ / -"$);
- Метод может быть как количественного, так и графического типа ($T_M = "Kol / G"$).

Общее правило выбора для первой задачи имеет вид:

$$P_1 = \{Kach / Kol; +; +; +; -; +; +; -; +; H / O; + / -; Kol / G\} \quad (4)$$

Этому правилу полностью удовлетворяют три метода: анализа иерархий, динамического программирования и дерева решений. Это значит, что для оптимизации процесса синтеза СД можно использовать любой из этих трех методов ТПР.

Выбор методов ТПР для задачи выбора технологии транспортировки информации по линиям доступа

Характеристики правила выбора для этой задачи:

- Значение показателя приемлемости не должно ограничивать количество входящих параметров, т.к. выбор технологий обычно осуществляется из большого количества альтернатив ($r = "H"$);
- Входящие параметры должны быть количественного типа ($T_{Плех} = "Kol"$);
- Выбор может осуществляться в условиях определенности ($T_D = "+"$) и неопределенности ($T_V = "+"$), принятие решения в условиях риска в данном случае не допускается ($T_R = "-"$);
- Задача является плохо структурированной ($S = "-"$, $US = "+"$);
- Риск для результатов работы метода не допускается или, если и допускается, то незначительный ($F = "-"$);
- Необходимо учитывать состояние внешней среды ($E = "+"$);
- Метод может использоваться по несколько раз для одной и той же альтернативы ($R = "+"$);
- Результат может зависеть или не зависеть от отброшенных альтернатив ($DA = "+ / -"$);
- Метод может быть как количественного, так и графического типа ($T_M = "Kol / G"$).

Все показатели приемлемости упорядочены по важности в том порядке, в котором они были охарактеризованы. В результате общее правило для задачи выбора технологии передачи информации имеет вид:

$$P_2 = \{H; Kol; +; +; -; -; +; +; +; +; - / +; Kol / G\} \quad (5)$$

Путем сравнения альтернатив выбраны два метода, удовлетворяющие сформированной цели: последовательного ввода ограничений и идеальной точки.

Определение методов ТПР для задачи выбора типа оборудования, реализующего УД

Для этой задачи правило выбора составляется таким же образом, как и для предыдущих задач, и имеет следующие характеристики:

- Входящие параметры должны быть количественного типа ($T_{\text{Плех}} = "Kol"$);
- Выбор может осуществляться и в условиях определенности ($T_D = "+"$) и в условиях неопределенности ($T_V = "+"$), условия риска не допускаются ($T_R = "-"$);
- Задача является хорошо структурированной ($S = "+", US = "-"$);
- Риск для результата сравнения альтернатив не допускается ($F = "-"$);
- Состояние внешней среды может не учитываться ($E = "-"$);
- Ограничения на количество входящих параметров может, как накладываться, так и не накладываться, ведь альтернатив среди оборудования не очень много ($r = "H / O"$);
- Результат может зависеть или не зависеть от отброшенных альтернатив ($DA = "+ / -"$);
- Параметр реализации решения бесконечное число раз не влияет на результат решения ($R = "+ / -"$);
- Метод может быть как количественного, так и качественного типа ($T_M = "Kol / G"$).

Исходя из этого, правило для этой задачи имеет вид:

$$P_3 = \{Kol; +; +; -; +; -; -; -; H / O; - / +; - / +; Kol / G\} \quad (6)$$

Требованиям задачи выбора типа оборудования, реализующего УД удовлетворяет только один метод ТПР – метод выбора по количеству доминирующих критериев.

Анализ метода идеальной точки для применения в процессе выбора технологии передачи информации

Анализ применения одного из выбранных методов ТПР в процессе синтеза СД, а именно метода идеальной точки для задачи выбора технологии передачи информации по ЛД, выполнен на следующем примере. Создаётся СД в поселке городского типа площадью 10 км² с радиальной моделью структуры населённого пункта и численностью населения 3000 человек. В поселке расположено озеро, представляющее собой „препятствие”, которое необходимо учитывать при синтезе СД. Синтезируемая сеть должна обслуживать 100% территории поселка. Для выбора технологий определен спектр ИКУ, предоставляемых пользователям. Пользователи СД разбиты на пять групп, при этом к одной группе отнесены все пользователи, требующие, один и тот же перечень ИКУ. Для каждой из сформированных групп определено местоположение УД.

Выбор технологий передачи информации по ЛД выполнен для таких альтернативных технологий доступа: VDSL; ADSL; HDSL; Ethernet (10BASE-T); Fast Ethernet (Ethernet 100BASE-T); Gigabit Ethernet (Ethernet 1000BASE-T); GPON (PON); SONET/SDH; WiMax; WCDMA; DECT. Эти альтернативы охарактеризованы следующими параметрами, определяющими выбор показателей приемлемости:

- Скорость передачи данных;
- Длина линии доступа либо область обслуживания при применении беспроводных технологий;
- Тип линии;
- Учет помех (накладывает ли помеха ограничение на организацию сети, реализованной на рассматриваемой технологии);
- Особенности применения технологии для транспортного и локального сегментов доступа: (СТД и СЛД, соответственно);
- Относительная стоимость реализации технологии доступа.

Характеристика альтернатив согласно перечню показателей приемлемости, основанная на анализе источников [Лаборатория; Winncom; Sysadm; Связь комплект; Шоберг; Broadband; Cdma; ПСТМБС], приведена в Табл.1.

Таблица 1. Характеристики технологий передачи информации

Технология	Характеристики					
	Скорость передачи данных	Длина линии передачи	Тип линии передачи	Особенности	Учет помех	Стоимость
1	2	3	4	5	6	7
VDSL (асимметричная)	восходящий поток – 13Мб/с нисходящий поток – 1,6Мб/с восходящий поток – 52Мб/с нисходящий поток. – 2,3Мб/с	до 1,5км до 300м	медный кабель	СЛД	ограничена	невысокая
ADSL	восходящий поток – 8Мб/с нисходящий поток – 1Мб/с	до 100м	медный кабель	СЛД	ограничена	низкая
HDSL	до 2,3Мб/с	6,5км	медный кабель	СЛД	ограничена	невысокая
Ethernet 10BASE-T	10Мб/с	100м	витая пара	СЛД	ограничена	средняя
Ethernet 100BASE-T	100Мб/с	100м	витая пара	СЛД	ограничена	средняя
Ethernet 1000BASE-T	1000Мб/с (1Гб/с)	100м	витая пара	СЛД	ограничена	средняя
GPON (PON)	1200Мб/с (1,2Гб/с)	20км	оптоволокно	СТД	ограничена	высокая

SDH (SONET)	155Мб/с – 2,5Гб/с (в зависимости от иерархии)	20км	оптоволокну	СТД	ограничена	высокая
WiMax	до 75Мб/с	6-10км	радиоканал	СЛД	не ограничена	средняя
WCDMA (CDMA)	до 2Мб/с	4,5км	радиоканал	СЛД	не ограничена	средняя
DECT (WLL)	до 2Мб/с	до 10км	радиоканал	СЛД	не ограничена	средняя

Метод идеальной точки предусматривает наличие идеальных значений показателей приемлемости, которые для рассматриваемой задачи приведены в Табл. 2.

Таблица 2. Характеристики синтезируемой сети доступа

	Характеристики					
	Скорость передачи данных	Длина линии передачи	Тип линии передачи	Особенности	Учет помех	Стоимость
Группа 1	8,6Мб/с	93м	витая пара	СЛД	озеро	мин.
Группа 2	583кб/с	9км	радиоканал	СЛД	озеро	мин.
Группа 3	5,2Мб/с	111м	витая пара	СЛД	озеро	мин.
Группа 4	4,3Мб/с	100м	медный кабель	СЛД	нет	мин.
Группа 5	8,6Мб/с	69м	витая пара	СЛД	нет	мин.

УД1 –УПО1	267Мб/с	450м	оптоволокно	СТД	нет	мин.
УД1 –УПО2	165Мб/с	320м	оптоволокно	СТД	нет	мин.
УД1 –УПО3	7,4Гб/с	600м	оптоволокно	СТД	озеро	мин.
УД2 –УПО1	169,7Мб/с	550м	оптоволокно	СТД	нет	мин.
УД2 –УПО2	68,9Мб/с	350м	оптоволокно	СТД	нет	мин.
УД2 –УПО3	67,2Мб/с	650м	оптоволокно	СТД	озеро	мин.
УД3 –УПО1	453,3Мб/с	600м	оптоволокно	СТД	нет	мин.
УД3 –УПО2	2Гб/с	700м	оптоволокно	СТД	нет	мин.
УД4 –УПО1	53,8Мб/с	300м	оптоволокно	СТД	нет	мин.
УД4 –УПО2	32Мб/с	350м	оптоволокно	СТД	нет	мин.
УД4 –УПО3	1,1Гб/с	500м	оптоволокно	СТД	нет	мин.
УД5 –УПО1	209,1Мб/с	800м	оптоволокно	СТД	нет	мин.
УД5 –УПО2	93,7Мб/с	1100м	оптоволокно	СТД	озеро	мин.
УД5 –УПО3	8,8Гб/с	200м	оптоволокно	СТД	нет	мин.

После определения параметров СД, которые должны соответствовать поставленной цели, в результате использования выбранной альтернативы выполнено сравнение параметров альтернатив на соответствие параметрам „идеальной” точки („идеальным” параметрам), для этого определяем расстояние между параметрами „идеальной” точки и параметрами

рассматриваемой технологии. Расстояние в метрическом пространстве определяется по формуле [Волошин, 2006]:

$$\rho_s(y, a) = \left(\sum_{i=1}^m |y_i - a_i|^s \right)^{\frac{1}{s}}, \quad (7)$$

где ρ_s - расстояние в метрическом пространстве между „идеальной” точкой и альтернативой;

y_i - параметры альтернатив;

a_i - параметры „идеальной” точки;

s - значение метрики, выбирается в зависимости от предметной области, в данном случае $s = 1$, ведь характеристики имеют не только численные значения и учитываются все характеристики с одинаковым уровнем важности для принятия правильного решения, поэтому расстояние до „идеальной” точки определяется как суммарное несвязанное по всем критериям.

Таким образом, скаляризованная задача может быть представлена выражением [Волошин, 2006]:

$$\min \sum_{i \in M} |y_i - a_i| = \max \sum_{i \in M} y_i \quad (8)$$

Так как критерии задачи имеют разные шкалы (единицы измерения), то их необходимо свести их к безразмерной шкале $[0, 1, \dots]$ следующим образом:

1. Длина сегмента линии доступа: $1000\text{м} = 1\text{км}$.
2. Тип линии передачи:
 - Медный кабель – 1;
 - Витая пара – 2;
 - Оптоволокно – 3;
 - Радиоканал – 4.
3. Особенности:
 - СЛД – 1;

- STD – 2.
- 4. Препятствия:
 - 4.1. Для альтернатив:
 - Ограничено – 2;
 - Не ограничено – 1;
 - 4.2. Для проектируемой СД:
 - Озеро – 1;
 - Нет – 2;
 - 4.3. Если для организации ЛД для группы пользователей нет препятствий, то коэффициент равен 0.
- 5. Стоимость:
 - Низкая, минимальная – 1;
 - Невысока – 2;
 - Средняя – 3;
 - Выше средней – 3,5;
 - Высокая – 4.
- 6. Скорость передачи данных: 1000Мб/с = 1Гб/с (только для STD).

Затем определяем расстояние до „идеальной” точки отдельно для каждой из групп пользователей и отдельно для каждого фрагмента STD. Для определения оптимальной альтернативы решения задачи находим рассчитать минимальное расстояние к „идеальной” точке. При определении оптимального варианта решения задачи важным является тот факт, что значение скорости передачи информации и длины сегмента линии доступа должны быть не меньше, чем определенное для синтезируемой СД, но может быть больше, поэтому, если альтернатива удовлетворяет „идеальным” параметрам каждой из этих характеристик, то для обеих характеристик коэффициент расстояния приравнивается к 0. Согласно рассчитанным характеристикам синтезируемой СД для первой группы пользователей, приведенным в табл. 2, и после перехода к безразмерным значениям характеристик определяется расстояние до „идеальной” точки для каждой из альтернатив в соответствии с формулой. Для первой группы пользователей:

$$\text{VDSL: } \rho_s = |2,3-8,6| + 0 + |1-2| + |1-1| + |2-1| + |2-1| = 9,3;$$

$$\text{ADSL: } \rho_s = |1-8,6| + 0 + |1-2| + |1-1| + |2-1| + |1-1| = 9,6;$$

$$\text{HDSL: } \rho_s = |2,3-8,6| + 0 + |1-2| + |1-1| + |2-1| + |2-1| = 9,3;$$

$$\text{10BASE-T: } \rho_s = 0 + 0 + |2-2| + |1-1| + |2-1| + |3-1| = 3;$$

$$\text{100BASE-T: } \rho_s = 0 + 0 + |2-2| + |1-1| + |2-1| + |3-1| = 3;$$

$$\text{1000BASE-T: } \rho_s = 0 + 0 + |2-2| + |1-1| + |2-1| + |3-1| = 3;$$

$$\text{GPON: } \rho_s = 0 + 0 + |3-2| + |2-1| + |2-1| + |4-1| = 6;$$

$$\text{SDH: } \rho_s = 0 + 0 + |3-2| + |2-1| + |2-1| + |4-1| = 6;$$

$$\text{WiMax: } \rho_s = 0 + 0 + |4-2| + |1-1| + |1-1| + |3-1| = 4;$$

$$\text{WCDMA: } \rho_s = |2-8,6| + 0 + |4-2| + |1-1| + |1-1| + |3,5-1| = 11,1;$$

$$\text{DECT: } \rho_s = |2-8,6| + 0 + |4-2| + |1-1| + |1-1| + |3,5-1| = 11,1.$$

После определения расстояний между значениями характеристик „идеальной” точки и альтернатив, определяется минимальное расстояние до „идеальной” точки. Альтернатива, имеющая минимальное расстояние, выбирается в качестве лучшего варианта. Для данной задачи наименьшее расстояние имеют сразу три альтернативы: 10BASE-T, 100BASE-T, 1000BASE-T. Исследователь может выбрать любую из них. Для этого ему необходимо учесть, что при реализации выбранной технологии их стоимость будет отличаться между собой: наиболее дешевой будет технология 10BASE-T, которая полностью удовлетворяет требованиям к синтезируемой сети. Если же в будущем планируется увеличение необходимой пропускной способности, то можно выбрать одну из более высокоскоростных технологий 100BASE-T или 1000BASE-T, стоимость которых будет несколько выше.

На основании тех же принципов происходит выбор технологии передачи для всех остальных сегментов СД, в результате чего получаем:

- Для первой, третьей и пятой группы пользователей для организации передачи данных пользователей к УД лучше применить технологии семейства Ethernet: 10BASE-T, 100BASE-T, 1000BASE-T;
- Для удовлетворения потребностей второй группы пользователей лучше выбрать технологию WiMax, поскольку она способна обеспечить покрытие всей обслуживаемой территории с соблюдением требований к качеству передачи данных;
- По техническим условиям на проектирование этой СД, для четвертой группы пользователей передача данных на локальном сегменте ЛД должна быть организована на основании использования существующей абонентской сети по медным парным телефонным линиям. Поэтому определено, что оптимальной технологией для организации доступа пользователей этой группы к ИКУ являются технологии VDSL и HDSL, хотя согласно результату применения метода идеальной точки для этой цели подходят также технологии 10BASE-T, 100BASE-T и 1000BASE-T, которые не удовлетворяют условиям, а именно обеспечивают передачу информации только в цифровой форме и имеют более высокий параметр вариации задержки. При выборе конкретной технологии передачи следует заметить, что при решении задачи рассмотрена технология VDSL асимметричного типа, при этом выбор основан на более низкой скорости восходящего потока, скорость к пользователю значительно выше. Технология HDSL является симметричной, то есть имеет одинаковую скорость в обоих направлениях;
- Для организации сегмента транспортного доступа для всех групп пользователей, кроме четвертой, определена концепция GPON. Хотя, можно также использовать и технологию SDH, ведь при их сравнении за основу скорости передачи данных для этой технологии взята минимальная скорость, которая может быть увеличена на высших уровнях иерархии скоростей передачи.

Проведя анализ результатов использования метода идеальной точки целесообразно заметить, что его применение упрощает процесс выбора технологии передачи данных, используемых на линиях доступа проектируемой сети. При этом нет необходимости анализировать полностью все альтернативы, необходимо только определить показатели приемлемости и их значения для „идеальной” технологии и для всех рассматриваемых. К недостаткам метода, исходя из этого примера, можно отнести то, что с его помощью может быть определена не одна конкретная альтернатива, а несколько, удовлетворяющих поставленной цели. Также следует заметить, что в

процессе применения метода выбирается альтернатива, которая максимально удовлетворяет показатели приемлемости, но они могут быть удовлетворены не полностью.

Выводы

При проведении исследования определены задачи процесса синтеза СД, для решения которых целесообразно применять методы ТПР. При этом выбрано три задачи: определение топологической схемы сети, выбор технологии транспортировки информации по линиям доступа и выбор типа оборудования, реализующего узлы доступа. Для каждой из задач определены методы ТПР, которые лучше всего подходят для решения конкретных задач и учитывают особенности процесса синтеза СД. Выбрано шесть методов ТПР: анализа иерархий, динамического программирования и дерева решений для задачи выбора топологической структуры СД; метод последовательного ввода ограничений и метод идеальной точки для задачи выбора технологии передачи данных по ЛД и метод выбора по количеству доминирующих критериев для задачи выбора типа оборудования, реализующего УД. На конкретном примере рассмотрено применение метода идеальной точки для решения задачи выбора технологии передачи информации и определены его преимущества и недостатки. Применение всех, определенных в ходе исследования, методов может облегчить процесс синтеза СД при условии правильного и точного определения характеристик СД, которые необходимо учитывать при ее синтезе.

Литература

[ITU E.360.4] International Telecommunication Union ITU [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=5591>. Дата обращения: 01.10.2014

[ITU E.361] International Telecommunication Union ITU [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=6246>. Дата обращения: 01.10.2014

[ITU G.902] International Telecommunication Union ITU [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.902-199511-1/en>. Дата обращения: 01.10.2014

[Sysadm] Sysadm.pp.ua [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://sysadm.pp.ua/internet/standarty-ethernet.html>. Дата обращения: 30.04.2015

[Winncom] Winncom Technologies [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.winncom.com.ua/upload/iblock/7c6/%20vqdenrfrgiaxtrdizg%20DSL.pdf>; Дата обращения: 29.04.2015

[Broadband] Broadband.org.ua [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.broadband.org.ua/tekhnologii-bystrogo-interneta/1311-chto-takoe-wimax-printsipy-raboty-wimax>. Дата обращения: 02.05.2015

[Волошин, 2006] А.Ф. Волошин и С.О. Мащенко, "Модели и методы принятия решений", Научное пособие Издательско-полиграфический центр „Киевский университет”, Киев, 2006.

[Гайворонская, 2008] Г.С. Гайворонская, "Сети и системы абонентского доступа", Часть 1, Технология информационных систем, Учебное пособие, Одесса, 2008.

[Гайворонская, 2012] Г. С. Гайворонская и А. А. Бондаренко. Задача выбора топологической структуры сети доступа, Problems of Computer Intellectualization. Kyiv–Sofia: National Academy of Sciences of Ukraine V.M.Glushkov Institute of Cybernetics, ITHEA, 2012, №28, pp. 252 – 261

[IEEE 802] Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.html>. Дата обращения: 08.10.2014

[Лаборатория] Лаборатория „Обработки и передачи данных”, [Электронный ресурс], Режим доступа: http://opds.sut.ru/old/electronic_manuals/sde/t6sde/xdsl_tehn.htm. Дата обращения: 29.04.2015

[ПСТМБС] Портал о современных технологиях мобильной и беспроводной связи [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://1234g.ru/blog-of-wireless-technologies/46-dect/171-o-standarte-dect>. Дата обращения: 02.05.2015

[Cdma] Информационный портал: Cdma.ru [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.cdma.ru/technology/standart/cdma/>. Дата обращения: 02.05.2015

[Связь комплект] Связь комплект [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.skomplekt.com/technology/ethernet.htm>. Дата обращения: 30.04.2015

[Черноморов, 2002] Г.А. Черноморов, "Теория принятия решений", Научное пособие, Новочеркасск, 2002.

[Шоберг] Страница для студентов А. Шоберга Сети ЭВМ и Телекоммуникации [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://network-evm.narod.ru/lections/physicallayer/SDH/SDH.pdf>. Дата обращения: 01.05.2015

Информация об авторах



Галина Гайворонская – д.т.н., профессор, заведует кафедрой информационно-коммуникационных технологий факультета информационных технологий и кибербезопасности Института холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского ОНАПТ; ул. Дворянская, 1/3, Одесса-26, 65026, Украина; тел. (048)-720-91-48; e-mail: gsgayvoronska@gmail.com

Главные области научных исследований: оптимизация переходных периодов при эволюции информационных сетей. Потoki вызовов, нагрузка и межузловое тяготение в сетях. Проблемы создания перспективных сетей доступа.



Мария Хильчук – магистр кафедры информационно-коммуникационных технологий факультета информационных технологий и кибербезопасности Института холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского ОНАПТ; ул. Дворянская, 1/3, Одесса-26, 65026, Украина; тел. (048)-720-91-48; e-mail: mariahilchuk@mail.ru

Главные области научных исследований: использование методов теории принятия решений в перспективных сетях доступа.

Using Decision Theory Methods to Optimize the Access Networks Synthesis Process

Galina Gaivoronskaya, Maria Hilchuk

Abstract: *Using the methods of the theory of decision-making to optimize the synthesis of access networks. Analyzed the synthesis of access networks and the use of decision theory for optimization. Choose the optimum method of decision theory, which may be used to facilitate the synthesis of access networks.*

Keywords: *access network, synthesis access networks, decision theory, decision theory methods.*